

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Hiroshi HATTORI, et al.

SERIAL NO: 09/659,815

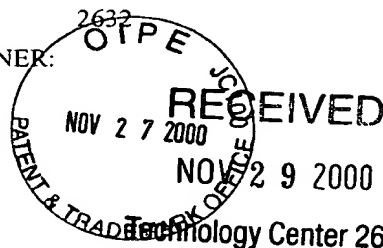
FILED: September 11, 2000

FOR: OBSTACLE DETECTION SYSTEM AND METHOD THEREFOR

REQUEST FOR PRIORITY

GAU:

EXAMINER:



ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS
WASHINGTON, D.C. 20231

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number [US App No], filed [US App Dt], is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Provisional Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e).
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
JAPAN	11-255459	September 9, 1999
JAPAN	11-272577	September 27, 1999
JAPAN	2000-100784	April 3, 2000
JAPAN	2000-159177	March 31, 2000

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number .
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
(B) Application Serial No.(s)
 - ☐ are submitted herewith
 - ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.

Marvin J. Spivak
Registration No. 24,913

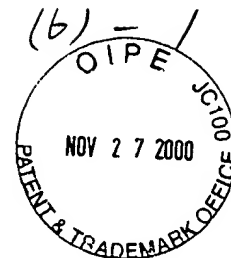
Surinder Sachar
Registration No. 34,423



22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 10/98)

日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

RECEIVED

NOV 29 2000

出願年月日
Date of Application:

1999年 9月 9日

Technology Center 2600

出願番号
Application Number:

平成11年特許願第255459号

願人
Applicant(s):

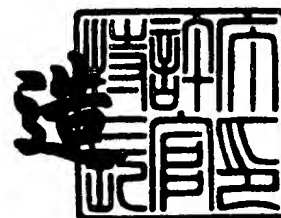
株式会社東芝

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2000年 7月21日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3058119

【書類名】 特許願

【整理番号】 13A9980901

【提出日】 平成11年 9月 9日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G08G 1/00

【発明の名称】 障害物検出装置及び方法

【請求項の数】 6

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市北区大淀中 1 丁目 1 番 3 0 号 株式会社東芝 関西支社内

 【氏名】 服部 寛

【特許出願人】

 【識別番号】 000003078

 【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

 【識別番号】 100081732

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 大胡 典夫

【選任した代理人】

 【識別番号】 100075683

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 竹花 喜久男

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 009427

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

特平 1 1 - 2 5 5 4 5 9

【包括委任状番号】 9714950

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 障害物検出装置及び方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 画像を入力する複数台の TV カメラと、複数台の TV カメラにより入力された複数枚の画像を蓄積するための画像蓄積部と、3次元空間中のある面上に存在する線を画像から抽出する特徴抽出部と、特徴抽出部により抽出された線から、上記面上の任意の点の、上記複数枚の各画像への投影位置間に成り立つ関係式を求めるパラメータ計算部と、パラメータ計算部により算出した関係式を用いて、上記面上に存在しない領域を検出する検出部からなることを特徴とする障害物検出装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の複数台の TV カメラが、互いの位置、姿勢、及び、各カメラの焦点距離、画像中心が未知であることを特徴とする請求項 1 に記載の障害物検出装置。

【請求項 3】 請求項 1 に記載のパラメータ計算部が、3次元空間中のある面上の任意の点の、複数枚の各画像への投影位置の間に成り立つ関係式を2次元のアフィン変換で表現し、そのアフィン変換パラメータを求めることを特徴とする請求項 1、請求項 2、のいずれかに記載の障害物検出装置。

【請求項 4】 請求項 1 に記載の特徴抽出部が、3次元空間中のある面上に存在し、請求項 1 に記載の複数台の TV カメラとほぼ同一方向で、3次元空間中で互いに平行な複数の線を画像から抽出し、それらの線の消失点を求めることを特徴とする請求項 1、請求項 2、請求項 3 のいずれかに記載の障害物検出装置。

【請求項 5】 請求項 1 に記載の特徴抽出部が、3次元空間中のある面上に存在し、請求項 1 に記載の複数台の TV カメラとほぼ同一方向で、3次元空間中で互いに平行な複数の線を画像から抽出し、それらの線の画像上での傾きと、消失点を求めることを特徴とする請求項 1、請求項 2、請求項 3 のいずれかに記載の障害物検出装置。

【請求項 6】 複数台の TV カメラにより入力された複数枚の画像を蓄積し、3次元空間中のある面上に存在する線をこれらの画像から抽出し、特徴抽出部により抽出された線から上記面上の任意の点の上記複数枚の各画像への投影位置間

に成り立つ関係式を求めて、求められた関係式を用いて上記面上に存在しない領域を検出することを特徴とする障害物検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

自動車の安全運転を支援するために、車載カメラにより、先行車や歩行者、駐車車両等、道路上に存在する障害物を検出する障害物検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

センサにより障害物を検知するための技術は、レーザや超音波等を利用するものと、TVカメラを利用するものに大別される。レーザを利用するものは高価であり、非実用的である。また、超音波を利用するものは超音波の解像度が低いため、障害物の検出精度に問題がある。

【0003】

これに対し、TVカメラは比較的安価であり、解像度や計測精度、計測範囲の面からも障害物検出に適する。TVカメラを用いる場合、1台のカメラを使用する方法と複数台のカメラ（ステレオカメラ）を使用する方法がある。

【0004】

1台のカメラを使用する方法は、そのカメラで撮影した1枚の画像から、輝度や色、あるいはテクスチャ等の情報を手がかりにして道路領域と障害物領域を分離する。例えば、画像中で彩度の低い中程度の輝度領域、つまり灰色の領域を抽出し道路領域を求めたり、テクスチャの少ない領域を求めて、道路領域を抽出し、それ以外の領域を障害物領域とする。しかし、道路と似た輝度、色、あるいはテクスチャを持つ障害物も数多く存在するため、この方法で一般の状況下において障害物領域と道路領域を切り分けるのは困難である。

【0005】

これに対し、複数台のカメラを用いる方法は3次元情報を手がかりにして障害物を検出する。複数台のカメラを用いて対象シーンの3次元情報を得る技術は、一般にステレオ視と呼ばれる。ステレオ視とは、例えば2つのカメラを左右に配

置し、3次元空間中で同一点である点を左右画像間で対応づけ、三角測量の要領で、その点の3次元位置を求めるものである。各カメラの道路平面に対する位置や姿勢等をあらかじめ求めておくと、ステレオ視により、画像中の任意の点の道路平面からの高さが得られる。したがって、高さの有無により、障害物領域と道路領域を分離することができる。1台のカメラを用いる方式では、道路と似た輝度や色、テクスチャを持つ領域を障害物として検出することは困難であるが、ステレオ視によれば、道路面からの高さを手がかりにして障害物を検出するため、より一般的なシーンでの障害物検出が可能である。

【0006】

通常のステレオ視は、画像上の任意の点のステレオカメラからの距離を求める技術であり、このためには、あらかじめ複数のカメラの間隔や向き、およびカメラレンズの焦点距離、画像中心等に関するパラメータを求める必要がある。これらを求める作業をキャリブレーションと呼ぶ。キャリブレーションは、3次元位置が既知な点を多数用意し、その点の画像への投影位置を求め、カメラの位置や姿勢、カメラレンズの焦点距離等に関するパラメータを算出する。しかし、この作業は多大な時間と労力を必要とし、ステレオ視による障害物検出の実用化を妨げる原因の1つとなっている。

【0007】

しかし、画像上で道路領域と障害物領域を分離すればよいのであれば、必ずしもキャリブレーションは必要でない。すなわち、道路平面上の点の左右画像への投影点を (u_l, v_l) 、 (u_r, v_r) とすれば、

【数1】

$$u_r = \frac{h_{11}u_l + h_{12}v_l + h_{13}}{h_{31}u_l + h_{32}v_l + h_{33}}, \quad v_r = \frac{h_{21}u_l + h_{22}v_l + h_{23}}{h_{31}u_l + h_{32}v_l + h_{33}} \quad (1)$$

【外1】

という関係式が成り立つ。 $h = (h_{11}, h_{12}, h_{13}, h_{21}, h_{22}, h_{23}, h_{31}, h_{32}, h_{33})^T$ (T は転置記号) は、各カメラの道路平面に対する位置と姿勢、さらに、各カメラのレンズの焦点距離、画像原点に関するパラメータである。 h は、あらかじめ道路平面上の4点以上

の左右画像への投影点から求めておく。この関係式を用いて、左画像上の任意の点 $P(u_l, v_l)$ が道路平面上に存在すると仮定した場合の右画像上の対応点 $P'(u_r, v_r)$ を求める。

点 P が道路平面上に存在すれば、点 P と P' が正しい対応点の組となるので、2 点の輝度の差は小さくなる。したがって、点 P と P' の輝度の違いが大きい場合には、点 P は障害物領域に属すると判定する。以下では式 1 を道路平面拘束と呼ぶ。

【0008】

この方式には、キャリブレーションと並んで、ステレオ視の問題である対応探索が不要というメリットもある。通常のスレオ視は、左右画像間で同一点を対応づける必要があり、その対応づけは探索計算により行われるため、計算コストが高い。しかし、上記の方式は、その対応探索が不要であるため、計算コストが極めて低く、実用的な方式である。

【0009】

ステレオカメラが 3 次元空間中で固定していれば、道路平面と各カメラの幾何学的な関係は不変であるので、一度求めたパラメータ h を使って、道路平面上に存在する障害物を検出可能である。しかし、車が走行している場合には、車自身の振動や道路の傾斜の変化等のため、道路平面と各カメラの相対的な位置や姿勢の関係は時々刻々変化する。つまり、走行中にパラメータ h は変化するため、静止時に求めた道路平面拘束を走行中の障害物検出に用いることはできない。

【0010】

通常、このような問題に対しては、道路面上の多数の特徴点（道路上のペイントの角点等）を使って道路平面拘束を計算し、障害物を検出するという方法が用いられる。しかし、道路面上の多数の特徴点を抽出することは困難であり、障害物上の特徴点を誤抽出することが多い。さらに、抽出した特徴点の対応探索を行なう必要があるため、計算コストが高い。また、求めるパラメータの数が多いため、安定に道路平面拘束を求めることは極めて難しいという問題があった。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

上記のように、障害物検出装置はレーザや超音波を用いるものとTVカメラを用いるものに大別できるが、レーザや超音波を利用する障害物検出装置は高価であったり、計測精度が低いという問題があった。また、TVカメラを利用する障害物検出装置は、使用環境が限定されていたり、多大な時間と労力を必要とするキャリブレーションが必要であったり、計算コストが高い左右画像の対応探索が必要であったり、車の走行中の振動や道路の傾斜に対処する実用的な方策がないという問題があった。そこで、本発明は上記事情を鑑みてなされたもので、キャリブレーションの手間が少なく、道路両端の2本の白線の走行中の画像上の動きだけから、道路平面と各カメラの幾何学的な関係を求めることにより、走行中に振動や道路自身に傾斜があっても、道路平面上に存在する障害物を高速に検出する障害物検出装置を提供する。

【0012】

【課題を解決するための手段】

画像を入力する複数台のTVカメラと、複数のTVカメラにより入力された複数枚の画像を蓄積するための画像蓄積部と、道路面上に存在する線を抽出する特徴抽出部と、特徴抽出部により抽出された複数の線から、道路面上の任意の点の各画像への投影位置の間に成り立つ関係式を求めるパラメータ計算部と、パラメータ計算部によって求めた関係式を用いて、道路面から異なる高さを有する物体を検出する検出部から構成される。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下で、本発明の実施例を図面に従い説明する。本実施例は、図1に示すように車に搭載した左右2台のステレオカメラから、歩行者や先行車、駐車車両等、道路平面上に存在する障害物を検出する状況を想定している。

図2は同実施例における本装置の概略構成を示すもので、ここでは画像入力部1、画像蓄積部2、特徴抽出部3、パラメータ計算部4、検出部5から構成している。本装置は、道路平面上の点の左右画像への投影位置の間に成り立つ関係式（以下では道路平面拘束と呼ぶ）を静止時にあらかじめ求めておいて、自車の振動や道路の傾斜等により時々刻々変化する走行時の道路平面拘束を、道路上に存在

する 2 本の白線の動きのみから計算し、それを用いて道路平面上に存在する障害物と道路領域を識別する。

【0 0 1 4】

同実施例では、図 3 に示すように、道路両端の 2 本の白線を l_1 、 l_2 とし、直線 l_1 、 l_2 方向を Y 軸、左右、上下方向を各々 X、Z 軸、傾斜のない平面（基準面）を XY 平面とするステレオカメラ座標系を設定する。画像入力部 1 は、左右 2 台の TV カメラを用いて 2 枚の画像を入力する。これら 2 台のカメラの位置や姿勢をあらかじめ求めておく必要はないが、ここでは各カメラは車に固定されており、走行中には変化しないものとする。

【0 0 1 5】

画像蓄積部 2 は、画像入力部 1 により入力された 2 枚の画像を画像メモリに蓄積する。

【0 0 1 6】

特徴抽出部 3 は、画像蓄積部 2 により蓄積された 2 枚の画像上において、図 6 に示すように、2 本の直線 l_1 、 l_2 を各々検出し、その交点（消失点）を求める。この直線検出はエッジ抽出処理と Hough 変換等を用いて行なう。

【0 0 1 7】

パラメータ計算部 4 は、静止時に求めた基準平面に対する道路平面拘束と、特徴抽出部 3 により求めた 2 本の白線とその消失点から、走行時の道路平面拘束を計算する。以下に、この方法について説明する。3 次元空間中の点（X，Y，Z）の画像への投影点（u，v）とすると、一般に、

【数 2】

$$u = \frac{h_{11}X + h_{12}Y + h_{13}Z + t_1}{h_{31}X + h_{32}Y + h_{33}Z + t_3} \quad (2)$$

$$v = \frac{h_{21}X + h_{22}Y + h_{23}Z + t_2}{h_{31}X + h_{32}Y + h_{33}Z + t_3} \quad (3)$$

【外 2】

という関係式が成り立つ。 $h=(h_{11}, h_{12}, \dots, t_3)^T$ はカメラの位置と姿勢，焦点距離，画像中心に関するパラメータである。h は定数倍しても同一のカメラモデルを表すので

、 h の任意の1要素を"1"としても一般性を失わない。そこで以下では $h_{32} = 1$ とする。

【0 0 1 8】

図3に示したステレオカメラ座標系では道路平面（基準面）は $Z = 0$ と表されるため、道路平面上の点 $P(X, Y)$ の投影点は上式に $Z = 0$ を代入して、

【数3】

$$u = \frac{h_{11}X + h_{12}Y + t_1}{h_{31}X + Y + t_3}, v = \frac{h_{21}X + h_{22}Y + t_2}{h_{31}X + Y + t_3} \quad (4)$$

となる。ここで以下の前提下でカメラモデルを考える。

- (a) カメラから比較的遠方を対象領域とする。
- (b) 左右カメラの前後の位置ずれが微小である。

【0 0 1 9】

これらの前提の下では、

【数4】

$$[\text{式(4)の分母}] = Y + \beta + \underline{h_{31}X + \Delta t_3} \simeq Y + \beta \quad (5)$$

となる。ここで、 β は図5に示すような左右カメラの視点の midpoint と座標原点の Y 方向のずれであり、 $t_3 = \beta + \Delta t_3$ である。

したがって、式(4)は、

【数5】

$$u \simeq \frac{h_{11}X + h_{12}Y + t_1}{Y + \beta}, v \simeq \frac{h_{21}X + h_{22}Y + t_2}{Y + \beta} \quad (6)$$

と簡略化できる。さらに $Y_c = Y + \beta$ とおくと、

【数 6】

$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & t_1 - \beta h_{12} \\ h_{21} & t_2 - \beta h_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X/Y_C \\ 1/Y_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} h_{12} \\ h_{22} \end{bmatrix} \quad (7)$$

【外 3】

となる。右辺の行列を M とおく。図 6 に示すように白線 l_1 , l_2 の交点 (消失点) を $t = (u_0, v_0)^T$ とすると $(h_{12}, h_{22})^T = t$ である。 $X = (X/Y_C, 1/Y_C)^T$ とし、道路平面上の点 P の左右画像へ

の投影点を各々 u_l , u_r とすれば、

【数 7】

$$u_l - t_l = M_l X, \quad u_r - t_r = M_r X \quad (8)$$

となる (t_l , t_r は白線の消失点)。

これより、

【数 8】

$$u_r - t_r = M_r M_l^{-1} (u_l - t_l) = A (u_l - t_l) \quad (9)$$

となる。ここで、"l", "r" は各々左右画像に対する添字である。ステレオカメラのキャリブレーションを行っていないので、 M_l , M_r は未知であるが、 A は静止時に傾斜のない道路平面上の特徴点から、あらかじめ求めておく。

【0 0 2 0】

走行時の道路の傾斜変化や自車の振動によって、道路平面が基準面 $Z = 0$ から傾斜面 $Z = p Y$ と変化したとする (図 4)。 X 方向の勾配は、一般に Y 方向の勾配に比べて十分小さいので無視することができ、傾斜面と基準面の交線を X 軸にとれば、傾斜面の方程式は $Z = p Y$ と表現できる。 $Z = p Y$ に対する道路平面拘束を 2 本の白線の動き (図 7) から計算可能する方法を示す。傾斜面上の点 (X , Y , Z) の画像への投影位置 (u' , v') は、式 (2) に $Z = p Y$ を代入すると、前述の 2 つの前提下では、

【数 9】

$$u' = \frac{h_{11}X + (h_{12} + ph_{13})Y + t_1}{(1 + ph_{33})Y + \beta} \quad (10)$$

【外 4】

となる。ここで傾斜が微小，すなわち $p \simeq 0$ と仮定すると，

【数 1 0】

$$u' \simeq \frac{h_{11}X + (h_{12} + ph_{13})Y + t_1}{Y + \beta} \quad (11)$$

$Y_c = Y + \beta$ とおき、さらに式 (3) より v' についても同様の式変形を行うと

【数 1 1】

$$\begin{bmatrix} u' \\ v' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & t_1 - \beta u'_0 \\ h_{21} & t_2 - \beta v'_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X/Y_c \\ 1/Y_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u'_0 \\ v'_0 \end{bmatrix} \quad (12)$$

【外 5】

ただし， $(u'_0, v'_0)^T = t'$ は 2 本の白線の消失点である。

$\Delta u = (\Delta u, \Delta v)^T = u - t$ ， $\Delta u' = (\Delta u', \Delta v')^T = u' - t'$ とおくと，式 (7) より $\Delta u = MX$ だから上式は，

【数 1 2】

$$\begin{aligned} \Delta u' &= \begin{bmatrix} h_{11} & t_1 - \beta u_0 \\ h_{21} & t_2 - \beta v_0 \end{bmatrix} X + \beta \begin{bmatrix} 0 & \Delta u_0 \\ 0 & \Delta v_0 \end{bmatrix} X \\ &= \Delta u + \beta/Y_c \Delta t \end{aligned} \quad (13)$$

【外 6】

ただし $\Delta t = (\Delta u_0, \Delta v_0)^T = t - t'$ 。式 (7) より，

【数 1 3】

$$X = M^{-1} \Delta u \quad (14)$$

であり、

【数 1 4】

$$M^{-1} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{bmatrix} \quad (15)$$

【外 7】

とすると $1/Y_C = m_{21}\Delta u + m_{22}\Delta v$ となる。したがって、式 (13) は、

【数 1 5】

$$\Delta u' = \begin{bmatrix} 1 + \beta_1 \Delta u_0 & \beta_2 \Delta u_0 \\ \beta_1 \Delta v_0 & 1 + \beta_2 \Delta v_0 \end{bmatrix} \Delta u \quad (16)$$

となる。ただし、 $\beta_1 = m_{21} \beta$ 、 $\beta_2 = m_{22} \beta$ とした。図 7 のように傾斜によって画像上の片方の

【外 8】

白線が $l_1: \Delta v = p_1 \Delta u$ から $l'_1: \Delta v' = p'_1 \Delta u'$ に変化したとすると式 (16) より、

【数 1 6】

$$(p'_1 \Delta u_0 - \Delta v_0) \beta_1 + p_1 (p'_1 \Delta u_0 - \Delta v_0) \beta_2 = p_1 - p'_1 \quad (17)$$

を得る。

もう 1 本の白線 ($1_2 \rightarrow 1'_2$) についても同様に式変形を行なうと、

【数 1 7】

$$(p'_2 \Delta u_0 - \Delta v_0) \beta_1 + p_1 (p'_2 \Delta u_0 - \Delta v_0) \beta_2 = p_2 - p'_2 \quad (18)$$

【外 9】

となり、 $\beta = (\beta_1, \beta_2)^T$ に関する 2 本の 1 次方程式を得る。これらより β を求めれば、式 (16) の行列 K を求めることができる。左右画像に各々について上記の処理を行なうと、道

【外 10】

路平面上の点の投影位置は、傾斜の変化によって $\Delta u'_l = K_l \Delta u_l$, $\Delta u'_r = K_r \Delta u_r$ と変換される。したがって、

式 (9) を用いると、

【数 18】

$$\Delta u'_r = K_r \Delta u_r = K_r A \Delta u_l = K_r A K_l^{-1} \Delta u'_l \quad (19)$$

となる。式 (9) の A が、傾斜により $A' = K_r A K_l^{-1}$ と変化したことになる。

式 (19) が傾斜面に対する道路平面拘束である。

【0021】

検出部 5 は、パラメータ計算部 4 で求めた道路平面拘束を用いて、障害物を検出する。左画像の任意の点 (u_l, v_l) の輝度を $I_L(u_l, v_l)$ とし、点 (u, v) が道路平面上に存在すると仮定した場合の右画像上の対応点 (u_r, v_r) を式 (19) から求め、その輝度を $I_R(u_r, v_r)$ とする。点 (u, v) が実際に道路平面上に存在すれば、点 P と P' は正しい対応点の組となるから、基本的には点 P と P' の輝度が同じになる。つまり、

【数 19】

$$D = |I_L(u_l, v_l) - I_R(u_r, v_r)| \quad (|\cdot| \text{は絶対値}) \quad (20)$$

として、 $D \neq 0$ 、あるいは誤差を考慮し、 $D > \text{Thr}$ (Thr はあらかじめ設定した閾値) となる点 P は障害物領域に属すると判定する。

【0022】

以上のようにして、車載のステレオカメラから走行時に道路平面上の障害物を

検出することができる。

【0023】

本実施例は画像入力部 1 で、2 台の TV カメラを左右に並べて 2 枚の画像を入力しているが、これらのカメラは上下に配置してもよい。また、3 台以上のカメラを配置してもよい。

【0024】

また、特徴抽出部 3 は、道路平面上の 2 本の線を抽出する場合について説明したが、3 本以上の線を抽出してもよい。

【0025】

また、走行中の自車の振動のみを考慮すればよい場合には、式 (16) で $\beta = 0$ ($\beta_1 = \beta_2 = 0$) と仮定してよいので、同式右辺の行列が $K = I$ (I は単位行列) となり、式 (19) において、 $A' = A$ となる。これにより、さらに高速に傾斜面に対する道路平面拘束を得ることができる。

【0026】

また、検出部 5 はさらに図 8 に示す構成をとることもできる。ここでは、画像変換部 5-1、差異計算部 5-2 から構成している。画像変換部 5-1 は、右画像を以下の手順に従って画像変換する。一般に、画像は画像上の点 (u, v) を変数とし、その各点に対して輝度値が定義された関数 $f(u, v)$ として表現できる。以下では画像をこのように表現する。

【0027】

図 9 に示すようなステレオ画像が入力されたとし、右画像を $g(u, v)$ 、その変換後の画像を $g'(u, v)$ とする。以下のように、 $g'(u, v)$ を求める。

【数 20】

$$g'(u, v) = g(u', v') \quad (21)$$

ただし、 (u', v') は、式 19 より求める。

$g'(u, v)$ は、画像 $g(u, v)$ 上の任意の点が道路平面上に存在すると仮

定した場合に、左カメラで得られる画像である。例えば、図 1 0 の右画像からは、同図に示すような変換画像を得る。図 1 1 に示すように、道路平面上にある点の投影点は、左画像と変換画像で同一となるのに対し、道路平面上にない点、すなわち、障害物（この場合は先行車両）上の点は、道路からの高さに応じて異なる位置に投影される。したがって、この左画像と変換画像の差分をすることにより、道路平面上の障害物を検出する。つまり、左画像を $f(u, v)$ とすると、

【数 2 1】

$$D' = |f(u, v) - g'(u, v)| \quad (|\cdot| \text{は絶対値}) \quad (22)$$

として、 $D' \neq 0$ 、あるいは誤差を考慮して、 $D' > \text{Thr}$ （ Thr はあらかじめ設定した閾値）となる点 (u, v) は障害物領域に属すると判定する。

【0 0 2 8】

また、検出部 5 は画素間差分をとることによって 2 枚の画像の差異を検出したが、各点に対して $(2w+1) \times (2w+1)$ のウィンドウを設定し、ウィンドウ内の輝度値の正規化相互相関 C を計算して差異を検出してもよい。2 枚の画像 $F(u, v)$ 、 $G(u, v)$ の点 (u, v) の C は、

【数 2 2】

$$C = \frac{1}{N} \sum_{\eta=-w}^w \sum_{\xi=-w}^w \frac{(F(u+\xi, v+\eta) - a_1)(G(u+\xi, v+\eta) - a_2)}{\sigma_1 \sigma_2} \quad (23)$$

ここで、 $N = (2w+1) \times (2w+1)$ 、 a_1 、 a_2 は 2 枚の画像のウィンドウ内の輝度の平均、

【外 1 1】

σ_1^2 、 σ_2^2 は 2 枚の画像のウィンドウ内の輝度の分散である。この場合、 $C < \text{Thr}$ （ Thr はあらかじめ設定した閾値）となる点 (u, v) が障害物領域に属すると判定する。

【0 0 2 9】

また、本実施例では道路両端の 2 本の白線を直線として抽出したが、道路がカ

ーブしている場合には白線は曲線となる。この場合には、白線を曲線として抽出すれば、同様に障害物を検出することができる。

【0 0 3 0】

また、道路面として平面を仮定して説明したが、曲面の場合であっても、平面の場合と同様に障害物を検出することができる。

【0 0 3 1】

また、本実施例は、車載カメラからの障害物検出に関して記述したが、例えば、移動ロボットの自律走行にも適用することが可能であり、本手法は車載カメラからの障害物検出に限定されるものではない。

【0 0 3 2】

その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で変形を実施できる。

【0 0 3 3】

【発明の効果】

道路平面からの高さの有無により障害物を検出するため、明るさの変動や影の影響を受けず、画像中から先行車や歩行者等の障害物を検出することができる。また、道路平面と各カメラの幾何学的な関係から成り立つ拘束式を、道路両端の2本の白線のみから求めているため、走行中の振動や道路平面に傾斜にある場合でも、高速に道路平面上の障害物を検知することができ、実用的効果は多大である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施形態の例。

【図 2】

本発明の全体構成。

【図 3】

ステレオカメラ座標系を説明するための図。

【図 4】

傾斜面を説明するための図。

【図 5】

パラメータ β を説明するための図。

【図 6】

道路両端の 2 本の白線と、その消失点を説明するための図。

【図 7】

道路両端の 2 本の白線の走行中の変化を説明するための図。

【図 8】

検出部 5 の変形例。

【図 9】

ステレオ画像。

【図 1 0】

右画像とその変換画像を説明するための図。

【図 1 1】

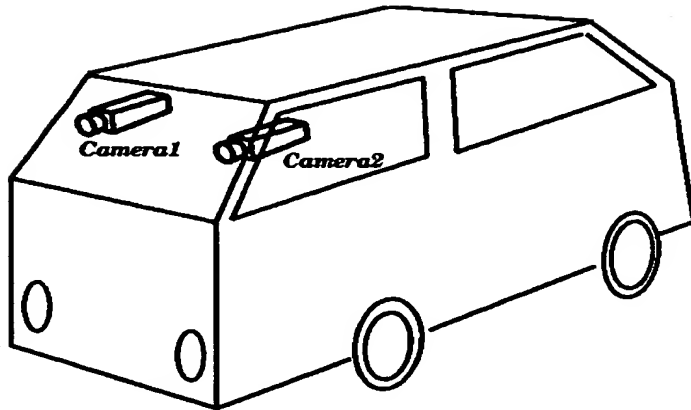
左画像と右画像の変換画像を説明するための図。

【符号の説明】

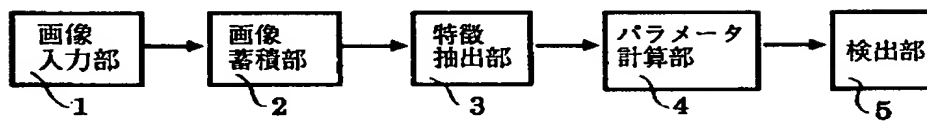
- 1、画像入力部
- 2、画像蓄積部
- 3、特徴抽出部
- 4、パラメータ計算部
- 5、検出部

【書類名】 図面

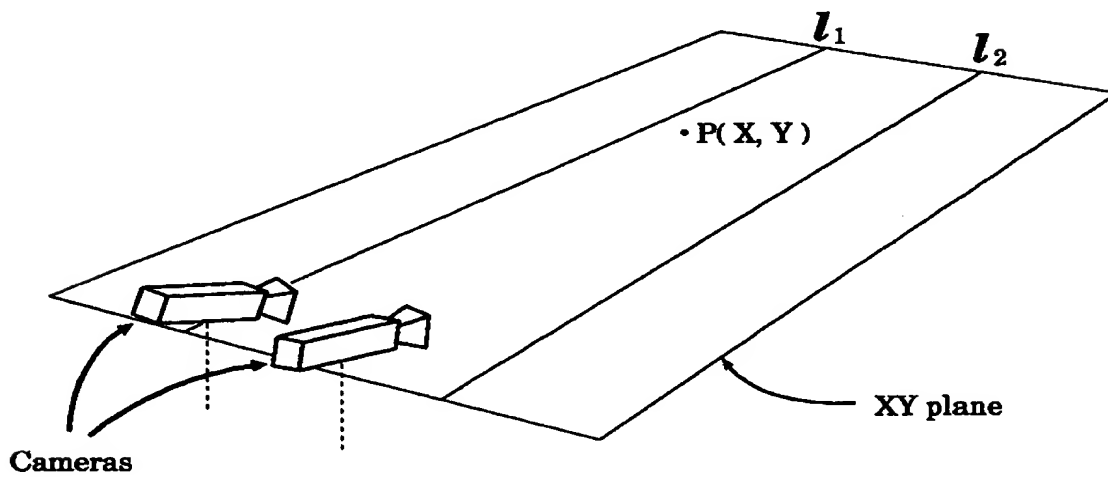
【図 1】



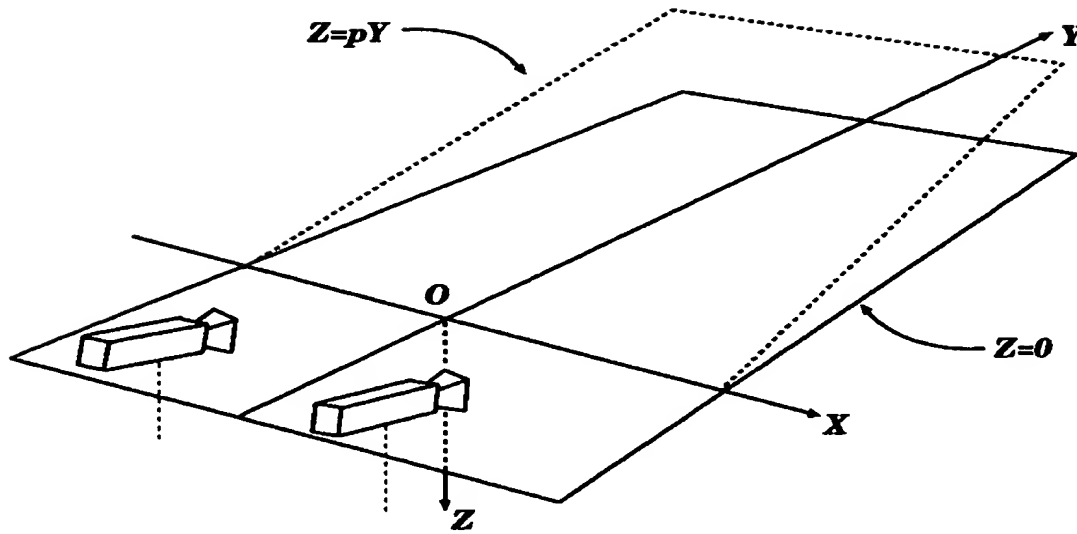
【図 2】



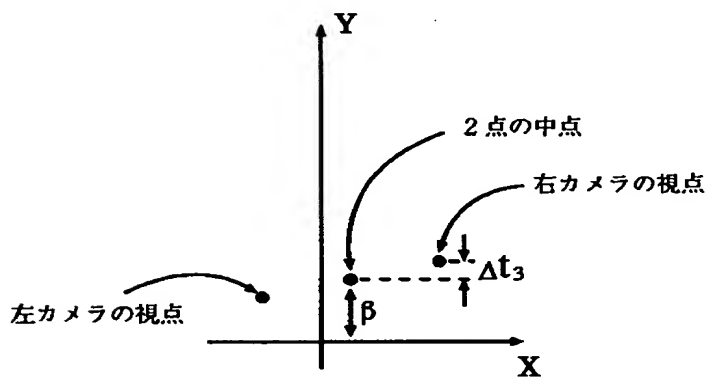
【図 3】



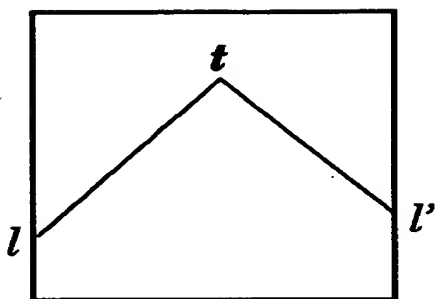
【図 4】



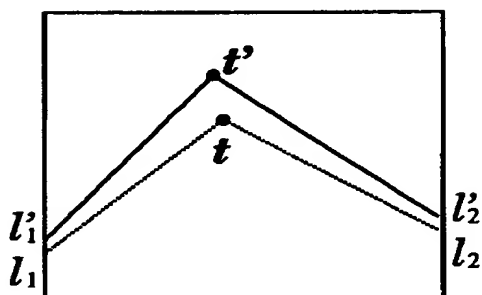
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【図 8】

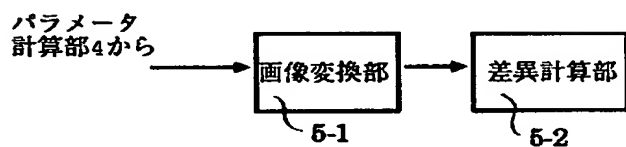
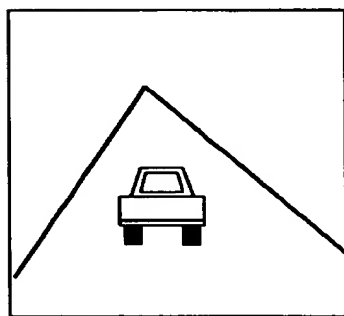
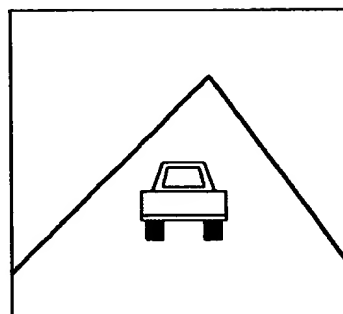


図 8:

【図 9】

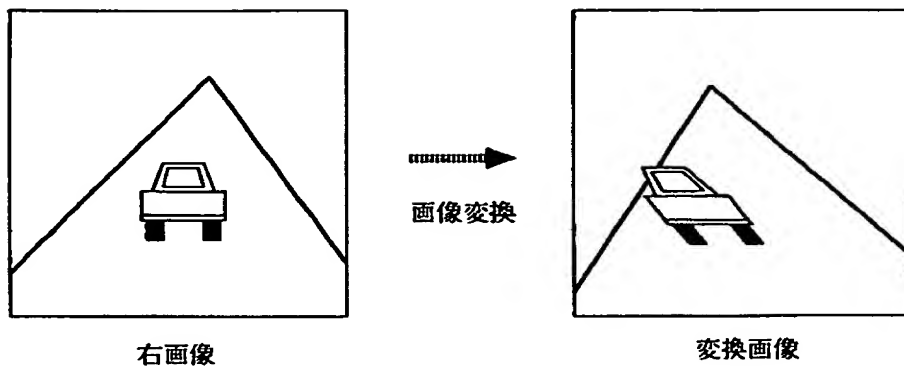


左画像

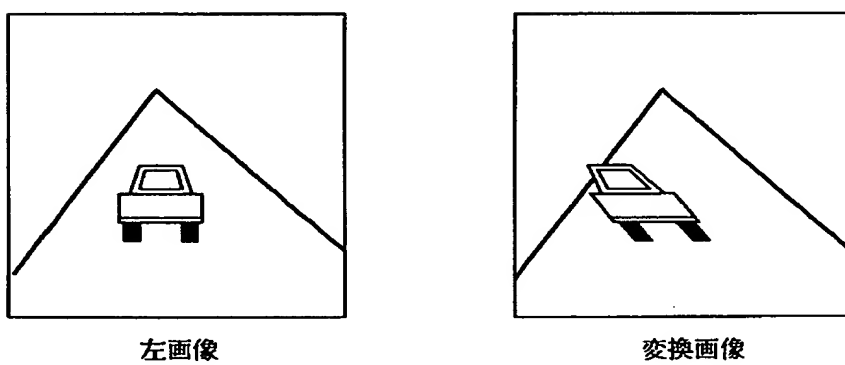


右画像

【図 1 0】



【図 1 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 車載のステレオカメラを用いて、ステレオカメラが未校正で、走行中の振動や道路面の傾斜の変化がある状況下でも、道路面上に存在する障害物の高速かつ高精度な検出を実現する。

【解決手段】 画像を入力する複数台の未校正のTVカメラと、複数のTVカメラにより入力された複数枚の画像を蓄積するための画像蓄積部2と、道路面上に存在する互いに平行な複数の線を抽出する特徴抽出部3と、特徴抽出部3により抽出された複数の線から、道路面上の任意の点の各画像への投影位置の間に成り立つ関係式を求めるパラメータ計算部4と、パラメータ計算部4によって求めた関係式を用いて、道路面から高さを有する物体を検出する検出部5から構成される。

【選択図】 図2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 3 0 7 8]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 2 日
[変更理由]	新規登録
住 所	神奈川県川崎市幸区堀川町 7 2 番地
氏 名	株式会社東芝